

부유망식과 수하식 양성방법에 따른 참굴(*Crassostrea gigas*)의 영양상태

최용준 · Nguyen Thanh Tri · 이정미¹ · 강석중 · 최병대*

경상대학교 해양식품공학과/해양산업연구소, ¹경상남도 수산자원연구소

Evaluation of Nutrients during Rack and Bag Culture or Suspended Culture of Pacific Oyster *Crassostrea gigas*

Yong-Jun Choi, Nguyen Thanh Tri, Jeong-Mee Lee¹, Seok-Joong Kang and Byeong-Dae Choi*

Department of Seafood Science and Technology/Institute of Marine Industry, Gyeongsang National University, Tongyeong 53064, Korea

¹Fisheries Resources Resarch Institute, Gyeongnam, Tongyeong 50411, Korea

The mineral contents, and free amino acid, and fatty acid composition of rack and bag or suspended cultured oysters *Crassostrea gigas* were compared. The moisture content did not change much from 82.8% to 86.3% in the different culture methods. The glycogen level was low 4.7% during rack and bag culture but high 7.2% during suspended culture. The sodium level was the highest during suspended culture, while copper and zinc level were highest during rack and bag culture. The taurine level was 1,385-1,375 mg/100 g in oyster cultured using the rack and bag method, but that in the market sample was lowest at 1,015.8 mg/100 g. Hydroxyproline, glutamic acid, proline, glycine, and alanine were detected at high levels in the experimental oysters. The polyunsaturated fatty acid content was similar among samples. The docosahexaenoic acid level was 14% with rack and bag culture and 12% with suspended culture, whereas the eicosapentaenoic acid level was 15% with rack and bag culture and 20% with suspended culture. The atherogenic index (AI), thrombogenicity index (TI), and hypocholesterolemic/ hypercholesterolemic (h/H) ratio were important factors in the nutritional evaluation. The AI and TI values were 0.5-0.2, and the h/H ratio were 2.0 and 2.4 with the rack and bag and suspended culture, respectively.

Key words: Oyster, Rack and bag culture, Suspend culture, Free amino acids, Fatty acids, Atherogenic index

서 론

굴을 비롯한 이매패류는 여러 식품의 소재로 활용되고 있으며, 이는 이매패가 갖고 있는 특이한 맛과 건강을 대변하는 소재로 알려져 있기 때문이다. 굴은 높은 단백질 함량을 나타내지만 에너지는 낮고, 지방과 콜레스테롤의 함량도 낮으며, 포화지방산의 함량은 낮지만 n-3 고도불포화지방산의 함량이 높으며, 필수 아미노산, 비타민 B12, 철, 아연 및 구리의 함량은 매우 높은 건강식품으로 알려져 있어 세계인들의 입맛을 사로잡고 있다(Dong, 2001). 우리나라 수산업에서 굴 산업이 차지하는 중요성이 매우 커 우리나라 전 연안의 조간대와 천해에 걸쳐 생산되고 있으며, 세계적으로도 가장 중요한 수산자원의 하나이다. 우리나라의 굴 생산량은 2010년 32,951톤(1,821억원), 2016년 31,888톤(1,460억원)으로 약간 감소하기는 하였지만 중국 다

음으로 많은 세계 제2위의 굴 생산국이며, 현재까지는 대부분 수하식 양식으로 생산되고 있다. 그러나 갯벌에서 생산되는 굴은 생산량이 적어 아직까지는 통계에 기록되지 않고 있다. 세계 양식 굴의 생산량 점유율은 중국 81.2%, 한국 6.0%, 일본 4.5%, 미국 3.1%, 프랑스 2.1%의 순이나, 생산금액에 대한 점유율은 중국 60%, 프랑스 12.3%, 일본 10.4%로 주목할 점은 프랑스의 양식굴 생산량은 2.1%에 불과하지만, 생산금액은 세계 2위로 가장 부가가치가 높은 패류로 평가 받고 있다. 이와 같이 프랑스에서 생산되는 굴이 최상의 상품으로 취급되는 것은 갯벌로 이루어진 해양환경의 특성상 개체굴이 굴 생산량의 70% 이상을 차지하고 있기 때문이다(KMI, 2017). 한국을 비롯한 아시아 국가 대부분은 굴을 수하식으로 양식하여 알굴로 유통하고, 프랑스를 비롯한 유럽은 부유망식, 수평망식 등으로 양식하여 껍질을 가진 개체굴로 유통되며, 알굴에 비해 가격이 2배 가량 높다.

<https://doi.org/10.5657/KFAS.2017.0263>



This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Korean J Fish Aquat Sci 50(3) 263-269, June 2017

Received 14 March 2017; Revised 18 April 2017; Accepted 16 June 2017

*Corresponding author: Tel: +82. 55. 772. 9147 Fax: +82. 55. 648. 2038

E-mail address: bdchoi@gnu.ac.kr

우리나라의 개체굴 양식은 서해안 갯벌을 중심으로 1990년대 중반에 수평양식 방법이 도입되어 산업화의 터전을 마련하였고, 2003년에는 민간기업에 의해 본격적인 생산체제에 돌입하였으며, 2007년 태안 허베이스피리트호 유류오염 피해 양식어장 복원사업의 일환으로 친환경 고부가가치의 대단위 갯벌 참굴 산업화 양식개발이 추진되고 있다. 개체굴 양식은 각각 한 개체씩 분리되어 성장한 갯벌굴 종패를 플라스틱 자루에 넣은 다음 갯벌 위에 지주를 세우고 거치대를 연결하여 거치대 위에 굴 자루를 올려 키우는 방식이다(Mo et al., 2012). 개체굴 양식에 대한 연구는 지금까지 국외적으로 많은 선행 연구가 이루어져 있으나, 국내는 최근에 수하식 양식 또는 투석식 양식 자연산굴의 성장(Choi et al., 1999) 연구와 서해안 갯벌에서의 수평양식 굴의 성장과 폐사에 관한 연구(Mo et al., 2012) 등이 있다. 굴을 이용한 고부가가치 제품을 개발하기 위해서는 알굴 형태의 일률적 생산에서 벗어나 생산 제품의 다변화가 필요하며, 이를 위한 개체굴 양식에 대한 전략적 접근을 시도해야 하며 다양한 연구가 진행되어야 한다. 개체굴이 판매되고 있는 홍콩시장에서는 원산지별 굴의 맛을 Mild sweet, Salty, Freshly, Delicate, Furtiy 등으로 특징을 적어 판매하며, 개당 가격은 원산지와 종류에 따라 40-75\$ 정도로 다양하다(WHO, 2013). 따라서 굴을 이용한 고부가가치 제품을 개발하기 위한 개체굴 생산에 있어 양식방법을 달리하였을 때 영양성분의 변화를 조사하였다.

재료 및 방법

재료

굴은 경상남도 수사자원연구소(통영)에서 2015년 2월에 인공 종자 생산한 참굴 시료를 사용하였다. 본 실험에 사용한 시료종류는 5가지로 초기 개체화시켜 부유망 케이지에 수용하여 수산 자원연구소 양식장(통영 풍화리 지선)에서 6월부터 11월까지 일정기간 양성한 개체굴(A1)과 하루에 3-4시간 간출시키면서 양성한 개체굴(A2), 기존의 전통방식인 수하식으로 6월부터 11월까지 통영 오비도 지선(해상)에서 양성 후 고성의 축제식 양식장(기수지역)에서 약 53일간 양성한 굴(B1), 오비도 지선(해상)에서 수하식으로 양성한 굴(B2)을 이용하였고, 대조구로 시판굴(Table 1)을 이용하여 양성방법별 참굴의 영양성분에 변화가 있는지를 조사하였다.

시약

실험에 사용한 모든 표품은 Sigma-Aldrich Ltd. (St. Louis, MO, USA)로 부터 구입하였다. FAMES 표품은 정어리유로 만든 표품을 Supelco Co. (PA, USA)에서 구입하였으며, 그 외 용매 및 시약은 모두 시약급을 사용하였다.

일반성분 분석

시료의 일반성분은 AOAC (2000) 방법에 의해 분석 하였다. 수분은 상압가열건조법, 조단백질은 semi-micro Kjeldahl법,

Table 1. Sample code and sampling date of oysters *Crassostrea gigas*

Sample codes	Description	Sampling date
IO-A1	Individual, Cage for 24 hr	2016-01-04
IO-A2	Individual, Daily variation in cage for 3-4 hr on air	2015-12-04
IO-B1	Suspended and pond culture during 53 days in Gosung province	2015-12-08
IO-B2	Suspended culture	2015-12-08
MO	Market	2015-12-04

조지방은 Bligh and Dyer법(1959), 회분은 건식회화법, 탄수화물 함량은 phenol-sulfuric acid (Dubios et al., 1956)으로 측정하였다. Phenol-sulfuric acid 법은 증류수에 녹인 시료 150 μ L를 13 mL 시험관에 취하고 5% (w/v) phenol 용액 150 μ L와 혼합한 후 신속히 conc. H_2SO_4 750 μ L 첨가해 10분간 실온에서 반응시켰다. 그 후 다시 한 번 vortex를 이용해 혼합해 준 뒤 발색 될 때까지 실온에서 30분간 반응 시킨 후 490 nm에서 흡광도를 측정하였으며, 표품으로는 glucose (Sigma-Aldrich Ltd.)를 사용하였다.

무기질 분석

무기질은 Tsutagawa et al. (1994)이 제시한 방법에 따라 시료 일정량을 conc. HNO_3 로 습식 분해한 후 Inductively Coupled Plasma Spectrophotometer (Atomscan 25, Thermo Fisher Scientific Inc., Waltham, MA, USA)로 분석하였다.

유리 아미노산 분석

시료의 유리아미노산 정량은 동결건조 시료 1.0 g에 ethanol 30 mL를 가한 다음 하룻밤 실온에 방치시켜 단백질을 침전-제거하고 상층액을 8,000 rpm에서 15분간 원심분리한 후 상층액을 취하여 감압-농축하였다. 그리고 pH 2.2의 citrate buffer로 25 mL로 정용한 다음 5'-sulfosalicylic acid (Sigma-Aldrich Inc., USA) 1 g을 첨가하여 암실에서 1시간 방치시킨 후 원심분리(8,000 rpm, 20분)하여 0.22 μ m membrane filter로 여과한 시료액을 아미노산 자동분석기(Biochrom 30, LKB Biochrom Ltd., Cambridge, UK)로 분석하였다.

지방산 조성 및 영양가 분석

총 지질은 Bligh and Dyer 법(1959)에 따라 chloroform:methanol (2:1, v/v)로 추출하였다. 지방산 유도체화는 AOCS법(1990)에 따라 0.5 N NaOH-methanol 용액으로 검화하고, 12% BF_3 -methanol로 methylester화 하였다. 이를 capillary column (Omegawax-320, 30 m \times 0.25 mm i.d., Supelco Ltd., Bellefonte, PA, USA)이 장착된 GC (Shimadzu GC-17A, Kyoto,

Japan)로써 분석하였다. 이때 GC의 분석 조건은 column 온도 180℃에서 5 min 유지한 후 230℃까지 3℃/min 승온시켜 15 min 유지하였고, Inj 250℃, FID 260℃ 그리고 carrier gas는 He (1.0 kg/cm²)을 사용하였으며, split ratio는 1:100으로 하였다. 지방산의 동정은 GC-MS로 동정된 menhaden oil을 동일 조건으로 분석한 결과와 ECL (equivalent chain length) 값을 비교하여 동정하였다. 관상동맥질환을 일으키는 지표가 되는 atherogenic index (AI), thrombogenicity index (TI) 및 hypocholesterolemic/hypercholesterolemic ratio 등은 Ulbricht and Southgate (1991)의 계산식을 활용하여 지방산조성을 평가하였다. AI=[12:0+(4×14:0)+16:0]/[∑ MUFA+∑ PUFA(n-6)+(n-3)]; TI=(14:0+16:0+18:0)/[(0.5×∑ MUFA)+(0.5×∑ PUFA(n-6)+(3×∑ PUFA(n-3))+(n-3)/(n-6)]; h/H=(18:1n-9+18:2n-6+20:4n-6+18:3n-3+20:5n-3+22:5n-3+22:6n-3)/(14:0+16:0). 동시에 지질 함량과 관계가 되는 두종류의 지방산의 비를 구하였다. DHA/EPA (docosahexaenoic acid/eicosapentaenoic acid), PUFA/SFA (polyunsaturated FA/saturated FA); MUFA (monounsaturated), n-3, n-6 등을 활용하였다.

통계처리

통계처리는 SPSS Version 18.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA) program을 사용하여 One-way ANOVA-test를 실시한 후, Duncan multiple range test (Duncan, 1955)로 평균 간의 유의성($P<0.05$)을 검정하였다.

결과 및 고찰

일반성분

개체굴과 수하굴의 일반성분 변화를 측정하여 Table 2에 나타내었다. 개체굴인 A1 및 A2의 수분 함량은 82.8-83.9%, 조단백질 함량은 8.5-9.4%, 회분 함량은 2.6-2.7%, 조지방 함량은 0.2-0.3%였고, 수하굴인 B1 및 B2의 일반성분 함량은 각각 84.1-86.3%, 5.0-6.2%, 2.4-2.6%, 0.3-0.5%이었다. 그리고 시판굴의 일반성분 함량도 개체굴이나 수하굴의 그것과 비슷하였다. 개체굴로 양성된 A1 및 A2의 조단백질 함량이 약간 높게 나타났다. 실험에 사용된 시료의 조지방의 함량이 낮은 것은 2015년 12월 고수온의 영향으로 성장 및 비만이 부진하였다고 수산관측 결과를 발표하였다(KMI, 2015). 굴의 화학적 성분은 단백질(8-11%), 탄수화물(3.7-9.6%), 조지방(1.2-2.5%), 회분(0.9-3.0%), 수분(76-89%)로 이루어져 있으며, 수분을 제외하면 60-70%가 단백질로 이루어진 식품이다(Choi et al., 2012). 동시에 지역별 계절별로 일반성분 함량의 차이가 나는 것으로 보고되어, 수분 함량은 여름철에 증가하였다가 겨울철에 점차 감소하는 것으로 알려져 있고, 상대적으로 조단백질 함량은 12월에 가장 낮은 함량을 보였고, 8월에 가장 높은 함량을 보였다고 하였다(Kim et al., 2014). 굴에 함유된 탄수화물인 글리코겐

Table 2. Proximate compositions of oyster *Crassostrea gigas* on different cultured conditions

Sample codes	Proximate composition (g/100 g)				
	Moisture	Crude protein	Crude lipid	Ash	Glycogen
IO-A1	83.9±0.2 ^a	8.5±0.2 ^c	0.2±0.0 ^a	2.7±0.3 ^a	4.7±0.2 ^a
IO-A2	82.8±0.9 ^a	9.4±0.1 ^d	0.3±0.1 ^a	2.6±0.2 ^a	4.9±0.2 ^a
IO-B1	86.3±1.0 ^{ab}	5.0±0.3 ^a	0.3±0.0 ^a	2.4±0.3 ^a	6.0±0.6 ^b
IO-B2	84.1±1.2 ^a	6.2±0.1 ^b	0.5±0.0 ^a	2.6±0.3 ^a	6.6±0.9 ^b
MO	83.6±1.3 ^a	6.6±0.3 ^b	0.3±0.0 ^a	2.3±0.5 ^a	7.2±0.4 ^c

Values are means±SD of triplicate groups. Means in a column with different superscripts are statistically different ($P<0.05$).

의 함량에 관심을 갖는 것은 배우자 형성 및 방출에 저장된 글리코겐이 이용되기 때문이며, 양식 굴의 성숙기인 7-8월에는 단백질 함량이 증가하고, 산란기인 9월에는 글리코겐 함량이 크게 감소한다고 하였다(Ruiz et al., 1992). 개체굴 A1, A2의 글리코겐 함량은 각각 4.7, 4.9 g/100 g이었고, 수하굴 B1, B2의 글리코겐 함량은 각각 6.0, 6.6 g/100 g이었으며, 시판굴은 7.2 g/100 g이었다(Table 2). 시판굴의 글리코겐 함량이 높은 것은 12월에 채취된 시료임과 동시에 가장 품질이 좋은 개체가 유통되는 것으로 여겨진다. 또한 글리코겐은 이때패류의 주된 탄수화물이고 스트레스 조건에 노출되면 스스로의 생존을 위하여 우선적으로 사용되는 에너지로 여겨진다(Patrick et al., 2006). 개체 굴의 양성 조건이 수하굴보다 열악하여 글리코겐의 함량이 낮았던 것으로 판단된다.

무기질

개체굴 및 수하굴의 무기질 및 유해중금속 함량을 분석한 결과를 Table 3에 나타내었다. 개체굴의 주요 무기질은 K, Ca, Mg, Na 등으로 A1 및 A2 각각 189.3, 145.8, 110.0, 661.0 mg/100 g 및 205.9, 122.7, 109.6, 671.3 mg/100 g으로 나타났고, 수하굴의 주요 무기질도 K, Ca, Mg, Na 등으로 B1 및 B2 각각 206.8, 181.7, 98.7, 711.3 mg/100 g 및 216.3, 155.3, 126.6, 741.8 mg/100 g으로 나타났으며, 기존의 방식으로 양성한 수하굴에서 무기질의 함량이 약간 높게 나타났다. 인 함량은 수하굴에서 약간 높게 나타났고, 구리 함량은 개체굴 A1, A2가 13.2 mg/100 g, 17.4 mg/100 g으로 수하굴 B1, B2의 6.7 mg/100 g, 9.2 mg/100 g 보다 높았고, 시판굴 6.3 mg/100 g보다는 2배 이상이었다. 여러 종류의 패류 중 아연함량이 가장 높은 패류는 굴로 알려져 있다. 개체굴 아연함량은 A1, A2가 31.2 mg/100 g, 28.9 mg/100 g으로 수하굴 B1, B2의 17.7 mg/100 g, 19.6 mg/100 g, 시판굴 18.5 mg/100 g보다 월등히 높았다. 구리는 아연과 함께 Cu, Zn-SOD (Superoxide dismutase)의 성분으로 세포 손상의 초기 방어기전으로 작용하는 효소로서 산소를

Table 3. Mineral contents of oyster *Crassostrea gigas* on different cultured conditions

Minerals	Concentration (mg/100 g) ^a				
	IO-A1	IO-A2	IO-B1	IO-B2	MO
K	189.3±6.8	205.9±11.8	206.8±13.5	216.3±7.8	208.2±42.1
Ca	145.8±16.6	122.7±14.8	181.7±26.1	155.3±33.9	176.2±23.1
Mg	110.0±4.1	109.6±18.3	98.7±10.1	126.6±29.2	98.6±6.4
Na	661.0±21.0	671.3±10.5	711.3±30.3	741.8±22.9	683.2±38.1
P	60.7±4.6	57.1±5.4	80.6±8.4	71.6±9.5	90.9±12.6
Cu	13.2±1.1	17.4±1.3	6.7±3.1	9.2±2.1	6.3±1.1
Zn	31.2±2.3	28.9±2.4	17.7±1.4	19.6±2.8	18.5±1.7
Mn	1.4±0.1	1.7±0.2	1.2±0.3	1.1±0.3	1.9±0.5
Fe	4.9±0.3	5.9±1.8	3.7±0.4	4.1±0.8	5.2±2.7
Heavy metals					
Pb	nd ^b	nd	nd	nd	nd
Cd	0.04±0.00	0.03±0.00	0.02±0.00	0.02±0.00	0.03±0.00
Cr	nd	nd	nd	nd	nd
As	0.02±0.01	0.03±0.01	0.02±0.01	0.03±0.01	0.02±0.01

^aValues are means±SD of triplicates; ^bnd, not detected.

H₂O₂로 변형하여 산화에 의한 조직파괴나 세포변이에 맞서는 항산화 방어작용을 하는 물질로 산화적 스트레스로부터 세포를 보호하는 역할을 한다(Martin and Fridovich, 1981). Taniguchi et al. (2017)이 여러 패류의 아연함량을 측정한 결과 바지락, 피조개, 소고기 간에 함유된 아연함량(1.2-3.5 mg/100 g) 보다 월등히 높았고, 이는 사육환경과 종에 의하여 영향을 받을 수 있다는 것을 뒷받침하고 있다(Fang et al., 2003). 헴, 비헴 및 총 철분함량 중 FDA가 권장하는 표준섭취량 혹은 일반적으로 섭취할 상대적량(reference amount customarily consumed, RACC)은 섭취하는 식품에 따라 다른 규정을 두고 있는데 바지락, 굴, 냉동 피조개는 110 g, 바지락 통조림 85 g, 소고기 간 114 g을 권장한다(FDA, 2016). 본 실험에 사용된 개체굴 철분함량은 A1, A2가 4.9, 5.9 mg/100 g으로 수하굴 B1, B2의 3.7 mg/100 g, 4.1 mg/100 g, 시판굴 5.2 mg/100 g과 비슷한 함량을 나타내었다. 미국 워싱턴주 인근에서 채취한 굴의 총 철분함량은 4.9 mg/100 g으로 비슷한 함량을 나타내었다(Taniguchi et al., 2017). 중금속함량을 측정한 결과 카드뮴과 비소가 미량 검출되었고, 굴에 함유된 비소는 대부분이 유기형태의 비소이기 때문에 무기형태의 비소에 비하여 독성이 없거나 매우 낮은 문제가 되지 않는다고 하였다(Molin et al., 2015). 카드뮴은 환경오염 물질로 규정되어 있지만 미량이 축적되어 있어 문제가 되지 않는다. WHO (2013) 규정에 의하면 1개월 간 섭취량이 25 g/kg BW 이하이면 허용할 수 있는 섭취량이라 하고 있다.

유리아미노산 조성의 변화

유리아미노산은 생체활성 물질의 구성성분으로 중요할 뿐

만 아니라 그 자체가 특징 있는 맛을 식품에 부여하고 있으며 (Hayashi et al., 1981), glycine, alanine, glutamic acid, lysine, serine, threonine 등이 주로 단맛과 감칠맛을 내는 정미성분으로 알려져 있다. Table 4는 개체굴 및 수하굴의 유리아미노산 조성을 나타낸 것으로 주요 아미노산은 taurine, hydroxyproline, glutamic acid, proline, glycine, alanine 등으로 개체굴 A1의 함량은 각각 1,385.7, 174.6, 108.3, 138.8, 129.5, 188.7 mg/100 g 이었고, A2의 함량은 각각 1,375.6, 129.7, 102.2, 189.4, 137.1, 154.3 mg/100 g이었으며, 수하굴 B1의 함량은 각각 1,370.6, 153.2, 114.7, 123.5, 105.8, 115.6 mg/100 g이었지만, 시판 굴의 함량은 각각 1,015.8, 155.1, 115.9, 134.9, 147.4, 115.4 mg/100 g으로 가장 낮은 값이었다. 알굴을 3°C에서 저장하는 동안 유리아미노산 함량의 변화를 측정한 결과 저장 1주일 후 34%의 taurine이 감소함과 동시에 glycine과 β-alanine은 50% 이상이 감소한다고 하여 낮은 온도임에도 불구하고 맛을 내는 성분의 감소로 품질을 떨어뜨린다고 하였다(Tanimoto et al., 2013). 발효 굴 소스를 6개월 동안 저장하는 과정에서 전 발효 기간을 통하여 가장 높은 함량을 보인 유리아미노산은 taurine, glutamic acid, glycine, leucine, alanine 및 lysine이었고, 그 외 대부분의 유리아미노산도 변화가 컸으며 전체적으로는 유리아미노산 총 함량이 증가하는 경향이였다 (Je et al., 2005). Taurine은 근육 및 피로회복, 당뇨병 예방, 신경안정, 고혈압, 고지혈증과 같은 성인병을 예방한다고 알려져 있으며, 면역증강작용, 해독작용 및 각종의 흥분성 조절에 대한 생리적 효과가 있다고 보고되어 있다(Kim et al., 2003). 양식방법에 따른 taurine 함량은 큰 변화가 없었으며, 시판굴 시료가 가장 낮은 함량을

Table 4. Free amino acid compositions of oyster *Crassostrea gigas* on different cultured conditions

Amino acids	Concentration (mg/100 g)				
	IO-A1	IO-A2	IO-B2	IO-B1	MO
Taurine	1,385.7	1,375.6	1,370.6	1,305.8	1,015.8
Hydroxyproline	174.6	129.7	153.2	154.1	155.1
Aspartic acid	65.9	64.3	73.6	78.2	66.4
Threonine	56.2	54.2	50.3	58.8	53.3
Serine	52.3	51.8	61.9	60.0	54.0
Glutamic acid	108.3	102.2	114.7	103.8	115.9
Sarcosine	86.3	97.7	119.1	112.9	98.4
Proline	138.8	189.4	123.5	189.2	134.9
Glycine	129.5	137.1	105.8	107.7	147.4
Alanine	188.7	154.3	115.6	121.6	115.4
Citrulline	84.3	97.5	68.6	74.2	63.8
Valine	18.3	13.1	14.7	11.1	16.3
Cystine	1.9	1.5	1.6	1.8	1.0
Methionine	14.1	14.9	15.1	14.6	17.7
Isoleucine	8.8	8.1	7.7	8.7	7.9
Leucine	17.9	17.5	15.2	16.4	16.3
β-Alanine	73.0	78.7	76.7	82.6	72.1
Tyrosine	7.7	7.0	7.8	8.4	7.6
Phenylalanine	4.9	4.8	4.5	4.6	4.7
Lysine	17.9	18.3	17.1	19.2	16.4
Histidine	24.5	25.5	28.6	33.3	22.1
Arginine	61.5	77.7	72.7	68.2	69.2
Glutamine	24.2	23.6	22.6	21.9	23.4
Asparagine	54.6	61.2	61.8	63.1	60.8
Total	2,659.6	2,643.2	2,545.9	2,567.0	2,202.5

보였다. 수산식품에 함유된 arginine은 최종 가공제품의 쓴맛 보다는 좋은 맛을 내는데 기여하며, hydrophobic 결가지를 갖는 아미노산은 주로 쓴맛(Trp, Leu등)을 발현하는데 기여한다고 알려져 있다(Spurvey et al., 1998). 본 실험에 사용된 개체굴과 수하굴 및 시판굴 시료에는 각각 61.5, 77.7, 72.7, 68.2, 69.2 mg/100 g으로 제주산 오분자기와 비슷한 함량이었다(Jang et al., 2010).

지방산조성의 변화

지방산은 모든 지질의 기본구조를 구성하는 성분으로서 생리활성을 나타내는 물질의 전구체(prostaglandins 등)로써 역할을 하고, 동시에 발생, 생체조절, 스트레스 반응과 같이 생물체의 구조적 기능적 역할도 수행한다(Makoto et al., 1989). 본 연구에서는 개체굴과 수하굴의 양성방법 차이에 따른 지방산조성과 이들이 영양학적 품질에 미치는 요소를 조사하여 Table 4에 나타내었다. 포화지방산의 주성분은 C16:0, C18:0로 개체굴

Table 5. Fatty acid compositions of oyster *Crassostrea gigas* on different cultured conditions

Fatty acids	IO-A1	IO-A2	IO-B1	IO-B2	MO
C14:0	1.8±0.0	2.2±0.1	3.7±0.0	3.1±0.0	1.8±0.0
C15:0	1.0±0.0	1.3±0.0	1.6±0.0	0.8±0.0	1.0±0.0
Iso16:0	0.6±0.0	0.5±0.0	0.7±0.0	0.4±0.0	0.5±0.0
Pristanate	1.9±0.3	1.6±0.2	1.8±0.1	1.5±0.2	1.9±0.3
C16:0	14.9±0.1	16.4±0.3	16.7±0.1	16.5±0.1	14.8±0.2
C18:0	5.2±0.0	4.7±0.0	3.7±0.0	4.2±0.0	5.1±0.0
ΣSFA	26.2 ^a	27.3 ^a	29.0 ^b	27.1 ^a	26.0 ^a
C16:1n-7	2.5±0.0	2.6±0.1	3.9±0.0	3.6±0.0	2.3±0.0
C16:1n-5	1.6±0.2	1.3±0.1	0.6±0.0	1.7±0.1	1.6±0.2
C18:1n-9	2.9±0.0	3.3±0.0	2.9±0.0	2.5±0.0	2.3±0.0
C18:1n-7	3.4±0.0	4.5±0.1	5.8±0.0	6.1±0.0	4.1±0.1
C20:1n-9	1.6±0.0	1.8±0.0	1.7±0.0	1.8±0.0	2.1±0.0
C20:1n-7	2.8±0.0	2.3±0.0	2.9±0.0	2.5±0.0	2.8±0.0
C22:1n-9	1.2±0.0	1.0±0.0	0.3±0.0	0.7±0.0	1.1±0.0
C22:1n-7	3.7±0.0	3.2±0.0	3.8±0.0	3.2±0.0	3.6±0.0
ΣMUFA	19.7 ^a	20.0 ^a	21.9 ^{ab}	22.1 ^{ab}	19.9 ^a
C16:2n-9	0.8±0.0	0.5±0.0	0.9±0.0	0.5±0.0	0.7±0.0
C16:2n-4	1.1±0.1	0.9±0.0	1.0±0.0	0.8±0.0	1.0±0.0
C16:3n-4	2.4±0.0	1.8±0.0	2.3±0.0	1.7±0.0	2.2±0.0
C16:4n-1	5.3±0.5	4.8±0.2	2.4±0.1	3.9±0.3	5.0±0.3
C18:2n-6	2.2±0.0	1.7±0.0	1.5±0.0	1.3±0.0	1.2±0.0
C18:3n-3	1.5±0.0	1.3±0.0	0.6±0.0	1.2±0.0	1.1±0.0
C18:4n-3	1.2±0.0	2.1±0.0	1.4±0.0	1.3±0.0	1.4±0.0
C20:4n-6	4.1±0.0	3.7±0.0	3.7±0.0	3.7±0.0	4.5±0.0
C20:5n-3(EPA)	13.2±0.1	15.4±0.1	20.3±0.1	18.4±0.1	13.8±0.2
C21:5n-3	1.8±0.0	1.2±0.0	0.8±0.0	1.0±0.0	1.5±0.0
C22:5n-6	1.1±0.0	0.9±0.0	0.5±0.0	0.8±0.0	0.9±0.0
C22:5n-3	1.4±0.0	1.2±0.0	0.9±0.0	1.2±0.0	1.4±0.0
C22:6n-3(DHA)	14.7±0.1	14.1±0.1	10.4±0.0	12.3±0.0	15.5±0.2
ΣPUFA	52.6 ^b	50.9 ^a	48.7 ^a	49.6 ^a	52.1 ^{ab}
Σn-6PUFA	8.9	7.8	8.0	7.7	9.0
Σn-3PUFA	31.1	31.9	32.4	32.9	32.2
Σn-3/Σn-6	3.8	4.5	4.3	4.6	3.9
DHA/EPA	1.1	0.9	0.5	0.7	1.1
PUFA/SFA	2.0	1.9	1.7	1.8	2.0
AI	0.4	0.5	0.5	0.5	0.4
TI	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
h/H	2.4	2.2	2.0	2.1	2.4

Abbreviations: SFA, saturated fatty acid; MUFA, monounsaturated fatty acid; PUFA, polyunsaturated fatty acid; EPA, eicosapentaenoic acid; DHA, docosahexaenoic acid; AI, atherogenic index; TI, thrombogenic index; h/H, hypocholesterolemic/hypercholesterolemic index; FA, fatty acid. Values are means±SD of triplicate groups. Means in a raw with different superscripts are statistically different ($P<0.05$).

인 A1 14.9%, 5.2% 및 A2 16.4%, 4.7%, 수하굴인 B1 16.7%, 3.7% 및 A2 16.5%, 4.2%, 시판굴은 14.8%, 5.1%였다. C16:0 지방산 함량이 높은 것은 모든 식물과 동물의 지방산 대사과정을 거쳐 생성되는 지방산이 C16:0이고 이것을 기원으로 고도불포화지방산을 합성하기 때문이다(Gabbott, 1983). 개체굴과 수하굴 모노엔산의 주성분은 C18:1n-7로 3.4%, 4.5% 및 5.8%, 6.1%이었고, 시판굴은 4.1%였다. 그 다음으로는 C22:1n-7 3.2-3.8%이었고, 이어서 C18:1n-9 2.3-3.3%, C16:1n-7 2.3-3.9%였다. 고도불포화지방산의 주성분은 해산 무척추동물의 필수 영양소인 C20:5n-3 (EPA), C22:6n-3 (DHA)로 개체굴 A1, A2 각각 13.2%, 14.7% 및 15.4%, 14.1%, 수하굴 B1, B2 각각 20.3%, 10.4% 및 18.4%, 12.3%이었고, 시판굴은 13.8%, 15.5%였다. 오메가-6 지방산 중에서는 C20:4n-6가 가장 높은 함량을 보였으며, C16:4n-1의 함량도 높은 것이 특징이었다(Lee et al., 2012). 굴류는 유전적으로 매우 낮은 함량의 지질을 함유하고 있어 *R. decussatus* (Goncalves et al., 2009)는 1.0 g/100g 정도, *R. philippinarum* (Oliveira, 2012)은 0.75 g/100g 정도 함유하는 것으로 알려져 있다. 본 실험에 사용한 *C. gigas*도 매우 낮은 함량을 나타내었다(Table 2). 이와 같이 실험동물의 체내에 저장되는 지방산은 먹이에 의하여 큰 영향을 받으며, C18:2n-6, C18:3n-3과 같은 전구체의 불포화(desaturation) 및 신장(elongation) 반응을 통하여 C20:4n-6, C22:6n-3이 생성되는 것으로 밝혀졌다(Mennicken et al., 2005). 어류가 함유하는 단백질, 비타민, 지질 등은 사람의 건강을 증진시키는 데 좋은 역할을 하며 특히, 지질에 함유된 n-3, n-6 PUFA (고도불포화지방산)는 심장질환(Nestel, 2000), 신경조직 및 눈 건강(Crawford et al., 1999)을 개선하는데 기여하는 것으로 알려져 있다. 본 실험의 개체굴과 수하굴 시료에서는 PUFA 함량이 48.7 (IO-B1)-52.6% (IO-A1)으로 매우 높은 함량을 나타내었다. 영국 Department of Health에 의하면 이상적인 n-3/n-6 비율은 4:1이어야 하고, PUFA/SFA 값은 0.45 아래인 식품을 섭취하게 되면 혈중 콜레스테롤 값을 높일 수 있으므로 주의 요구하고 있으며(HMSO, 1994), 실험에 사용된 굴의 PUFA/SFA 값은 1.7-2.0이었다. 동맥경화지수(AI)와 혈전지수(TI)는 각각 0.4-0.5 및 0.2이었고, 이 값이 낮을수록 포화지방산의 함량이 낮다는 것을 의미하므로 관상동맥질환을 예방하는데 좋은 식품 재료이다. Anacleto et al. (2014)에 의하면 n-3/n-6 값이 4:1 이상이고, PUFA/SFA 값이 0.45 이상인 식품을 섭취해야 하고, 혈중 콜레스테롤 값을 낮추려고 한다면 h/H 값이 낮을수록 좋은 식품으로 권장할 수 있다고 하여 본 실험에 사용된 굴의 h/H 값은 2.0-2.4로 다른 종의 굴 1.78-2.29와 비슷하였다.

사 사

본 연구는 2015년도 경남수산자원연구소 '검은테 개체 참굴 양식개발' 사업의 일환으로 수행되었으며, 실험재료 지원에 감사드립니다.

References

- Anacleto P, Maulvault AL, Bandarra NM, Repolho T, Nunes ML, Rosa R and Marques A. 2014. Effect of warming on protein, glycogen and fatty acid content of native and invasive clams. *Food Res Inter* 64, 439-445. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodres.2014.07.023>.
- AOCS. 1990. AOCS official Method Ce 1b-89. In AOCS official methods and recommended practice of the AOCS, 4th ed. AOCS, Champaign, IL, U.S.A.
- AOAC. 2000. Official Methods of Analysis 16th ed. Association of Official Analytical chemists, Washington D.C., U.S.A.
- Bligh EG and Dyer WJ. 1959. A rapid method of lipid extraction and purification. *Can J Biochem Physiol* 37, 911-917.
- Choi JD, Hwang SM, Kang JY, Kim SH, Kim JG and Oh KS. 2012. Food components characteristic of oysters produced in Korea. *J Agri Life Sci* 46, 105-115.
- Choi SD, Kim SY, Yang MH, Park JS, Rha SJ, Woo CY, Kim DY and Jung DS. 1999. Mass mortality of oyster, *Crassostrea gigas* in Kamark Bay 1. Environmental factors oyster farming area. *J Res Instit Indus Tech Region Develop Yosun Natl Univ* 8, 259-266.
- Crawford MA, Bloom M, Broadhurst CL, Schmidt WF, Cunnane SC, Galli C, Gehbremeskel K, Linseisen F, Lloyd-smith J, Parkington J. 1999. Evidence for the unique function of docosahaenoic acids during the evolution of the modern hominid brain. *Lipids* 34, S39-S47. <http://dx.doi.org/10.1007/BF02562227>.
- Dong FM. 2001. The nutritional value of shellfish. Washington Sea Grant Program: University of Washington, Washington D.C., U.S.A.
- Dubois M, Gilles KA, Hamilton JK, Rebers PA, Smith F. 1956. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. *Anal Chem* 28, 350-356.
- Duncan DB. 1955. Multiple range and multiple F test. *Biometric* 11, 1-42.
- Fang ZQ, Cheung RY, Wong MH. 2003. Heavy metals in oysters, mussels and clams collected from coastal sites along the Pearl River Delta, South China. *J Environ Sci* 15, 9-24.
- FDA, 2016. Food Labeling: Serving Sizes of Foods That Can Reasonably Be Consumed At One Eating Occasion. Retrieved from <https://www.federalregister.gov/documents/2016/05/27/2016-11865/food-labeling-serving-sizes-of-foods-that-can-reasonably-be-consumed-at-one-eating-occasion> on May 7, 2017.
- Gabbott PA. 1983. Developmental and seasonal metabolic activities in marine molluscs. In: *The Mollusca 2. Environmental Biochemistry and Physiology*. Hochachka PW, ed. Academic Press, New York, U.S.A., 165-217.
- Goncalves A, Pedro S, Duarte A and Nunes ML. 2009. Effect of enriched oxygen atmosphere storage on the quality of live clams (*Ruditapes decussatus*). *Inter J Food Sci Tech*,

- 44, 2598-2605. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2621.2009.02090.x>
- Hayashi T, Yamaguchi K and Konosu S. 1981. Sensory analysis of taste-active components in the extract of boiled snow crab meat. *J Food Sci* 46, 479-483.
- HMSO. 1994. Nutritional aspects of cardiovascular disease: report on health and social subjects. Committee of medical aspects of food policy, 46, Department of Health, London, UK.
- Jang MS, Jang JR, Park HY and Yoon HD. 2010. Overall compositions, and levels of fatty acids, amino acids, and nucleotide-type compounds in wild abalone *Haliotis gigantea* and cultured abalone *Haliotis discus hannai*. *Korean J Food Preserv* 17, 533-540.
- Je JY, Park PJ, Jung WK and Kim SK. 2005. Amino acid changes in fermented oyster (*Crassostrea gigas*) sauce with different fermentation periods. *Food Chem* 91, 15-18. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2004.05.061>
- Kim MA, Shim KB, Park JS, Oh EG, Shin SB, Park K and Lim CW. 2014. Seasonal variation in the proximate composition, pH and glycogen content of oysters *Crassostrea gigas* collected in Geoje and Jaran Bay in Korea. *Korean J Fish Aquat Sci* 47, 713-718.
- Kim SJ, Seo HL, Lee HM, Yeom JU, Kim GH, Jang ES, Baeg YH and Jeon BH. 2003. The effect of exercise and taurine supplementation on body weight, blood glucose, insulin and cholesterol levels in streptozotocin induced diabetic rats. *Korean J Exer Nutr* 7, 257-263.
- KMI. 2017. Korea Maritime Institute Fisheries Outlook Center. Retrieved from <http://www.foc.re.kr> on Jun 14, 2017.
- KMI. 2016. Korea Maritime Institute Fisheries Outlook Center. Retrieved from <http://www.foc.re.kr> on Jun 14, 2017.
- Lee YM, Lee SJ, Kim SG, Hwang YS, Jeong BY and Oh KS. 2012. Food component characteristics of cultured and wild oysters *Crassostrea gigas* and *Ostrea denselamellos* in Korea. *Korean J Fish Aquat Sci* 45, 586-593.
- Makoto O, Masazumi N and Tadashi N. 1989. Involvement of prostaglandins in the spawning of the scallop, *Patinopecten yessoensis*. *Comp Biochem Physiol Part C* 94, 595-601. [http://dx.doi.org/10.1016/0742-8413\(89\)90119-9](http://dx.doi.org/10.1016/0742-8413(89)90119-9).
- Martin JP and Fridovich I. 1981. Evidence for a natural gene transfer from the ponyfish to its bioluminescent bacterial symbiont *Photobacter leiognathi*. The close relationship between bacteriocuprein and the copper-zinc superoxide dismutase of teleost fishes. *J Biol Chem* 256, 6080-6089.
- Mennicken L, Ponsuksili S, Tholen E, Thi Kim Khang N, Steier K, Petersen J, Schellander K and Wimmers K. 2005. Divergent selection for w3:w6 polyunsaturated fatty acid ratio in quail eggs. *Archiv Tierzucht Dummerstorf* 48, 527-534.
- Mo KH, Park YJ, Jung EY, Kim YG, Jeong CH and Han KN. 2012. Comparisons of growth and mortality of the tidal flat oyster *Crassostrea gigas* by the net bag rack culture system in two districts in western Korea. *Korean J Malacol* 28, 45-54.
- Molin M, Ulven SM, Meltzer HM and Alexander J. 2015. Arsenic in the human food chain: biotransformation and toxicology- review focusing on seafood arsenic. *J Trace Elem Med Biol* 31, 249-259. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jtemb.2015.01.010>.
- Nestel P. 2000. Fish oil and cardiovascular disease: lipids and arterial function. *Am J Clin Nutri* 71, 228-231
- Oliveira MCRM. 2012. Moluscos bivalves em Portugal: composição química e metais contaminantes. Lisboa: Tese de Mestrado em Tecnologia e Segurança Alimentar, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa 85. Retrieved from <http://run.unl.pt/handle/10362/8466> on May 7, 2017.
- Patrick S, Faury N and Gouletquer P. 2006. Seasonal changes in carbohydrate metabolism and its relationship with summer mortality of Pacific oyster *Crassostrea gigas* (Thunberg) in Marennes-Oleron bay (France). *Aquaculture* 252, 328-338. <http://dx.doi.org/10.1016/j.aquaculture.2005.07.008>.
- Ruiz C, Abad M, Sedano F, Garcia-Martin LO and Sanchez-Lopez JL. 1992. Influence of seasonal environmental changes on the gamete production and biochemical composition of *Crassostrea gigas* in suspended culture in E1 Grive, Galicia, Spain. *J Exp Mar Biol Ecol* 155, 249-262. [http://dx.doi.org/10.1016/0022-0981\(92\)90066-J](http://dx.doi.org/10.1016/0022-0981(92)90066-J).
- Spurvey S, Pan BS and Shahidi F. 1998. Flavour of shellfish. In: Flavor of Meat, Meat Products, and Seafoods. Shahidi F. ed. Blackie Academic and Professional. London, UK, 159-196.
- Taniguchi CN, Dobbs J, Dunn MA. 2017. Heme iron, non-heme iron, and mineral content of blood clams (*Anadara* spp.) compared to Manila clams (*V. philippinarum*), Pacific oysters (*C. gigas*), and beef liver (*B. taurus*). *J Food Compos Anal* 57, 49-55. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jfca.2016.12.018>.
- Tanimoto S, Kawakami K and Morimoto S. 2013. Changes in the free amino acid content of the shucked oyster *Crassostrea gigas* stored in salt water at 3°C. *Korean Fish Aquat Sci* 16, 63-69. <http://dx.doi.org/10.5657/FAS.2013.0063>.
- Tsutagawa Y, Hosogai Y and Kawai H. 1994. Comparison of mineral and phosphorus contents of muscle and bone in the wild and cultured horse mackerel. *J Food Hyg Soc Japan* 34, 315-318.
- Ulbricht TLV and Southgate DAT. 1991. Coronary heart disease: seven dietary factors. *The Lancet* 338, 985-992. [http://dx.doi.org/10.1016/0140-6736\(91\)91846-M](http://dx.doi.org/10.1016/0140-6736(91)91846-M).
- WHO, 2013. Evaluations of the joint FAO/WHO expert committee on food additives (JECFA), cadmium. Retrieved from <http://apps.who.int/food-additives-contaminants-jecfa-database/chemical.aspx?chemID=1376> on May 7, 2017.